

P21996

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : T. MASAKI et al.

Serial No. : Not Yet Assigned

Filed : Concurrently Herewith

For : MICRO ELECTRO DISCHARGE MACHINING METHOD AND APPARATUS

CLAIM OF PRIORITY

Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon Japanese Application No. 2001-045982, filed February 22, 2001. As required by 37 C.F.R. 1.55, a certified copy of the Japanese application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,
T. MASAKI et al.

Bruce H. Bernstein
Bruce H. Bernstein
Reg. No. 29,027
Reg No 33,329

February 15, 2002
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.
1941 Roland Clarke Place
Reston, VA 20191
(703) 716-1191



#2
D.G.

3-28-02

T. MASAKI et al.
Not Yet Assigned
concurrently known as
M.CRO... Apparatus

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 2月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-045982

出 願 人
Applicant(s):

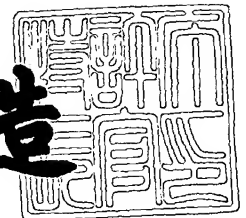
松下電器産業株式会社



2001年11月 2日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3096350

【書類名】 特許願

【整理番号】 2015320192

【提出日】 平成13年 2月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23H

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 正木 健

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 和田 紀彦

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080827

【弁理士】

【氏名又は名称】 石原 勝

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011958

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9006628

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マイクロ放電加工方法及び装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 工具電極と被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させるとともに工具電極と被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御して工具電極と被加工材との間で放電加工することを特徴とするマイクロ放電加工方法。

【請求項 2】 複数の穴加工を施したプレート電極と工具電極との間で放電加工してプレート電極のパターンを工具電極に転写し、転写後の工具電極と被加工材との間で放電加工し、かつそれらの放電加工の際に、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させるとともに工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御することを特徴とするマイクロ放電加工方法。

【請求項 3】 プレート電極に複数の穴からなる穴群を複数組配列して加工形成し、プレート電極の複数組の穴群を順次用いて 1 つの工具電極との間で放電加工して穴群のパターンを工具電極に転写し、転写後の工具電極と被加工材との間で放電加工し、かつそれらの放電加工の際に、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させることを特徴とするマイクロ放電加工方法。

【請求項 4】 工具電極と、工具電極と被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、被加工材を X Y 平面で位置決めする手段と、工具電極を X Y 平面に直交する Z 方向に位置決めする手段と、工具電極と被加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスを制御する手段を備えたことを特徴とするマイクロ放電加工装置。

【請求項 5】 複数の穴加工を施したプレート電極と、工具電極と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、プレート電極もしくは被加工材を X Y 平面で位置決めする手段と、工具電極を X Y 平面に直交する Z 方向に位置決めする手段と、工具電極とプレート電極もしくは被

加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスを制御する手段を備えたことを特徴とするマイクロ放電加工装置。

【請求項 6】 複数の穴からなる穴群が複数組配列して形成されたプレート電極と、工具電極と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、プレート電極もしくは被加工材を X Y 平面で位置決めする手段と、工具電極を X Y 平面に直交する Z 方向に位置決めする手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段を備えたことを特徴とするマイクロ放電加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主として高精度な寸法・形状を有する直径 1 0 0 μ m 以下の微細な穴を大量に必要とされる部品、例えばインクジェットプリンタノズルや微細部品の吸着ノズルなどの加工を実現するマイクロ放電加工方法及び装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

微細穴加工には、フォトリソグラフィを用いたエッチング加工、レーザ加工、電鍍加工などの多種の加工方法がある。その中で、高精度な微細穴加工には、高精度に成形した微細工具電極を回転させ、1 穴ずつ放電によって加工する微細放電加工方法が適しており、真円度の高い加工が可能である（参考文献：「超微細放電加工機」、National Technical Report Vol.39 No.5、Oct. 1993 年、p 33 ～39 ）。

【0 0 0 3】

大量の微細穴を均質に穴加工し、穴群を形成する場合には、工具電極と被加工材の相対的な位置を NC によって決めて、1 つ 1 つの穴を順次加工して穴群を形成している。また、寸法の異なる穴から成る穴群を加工する場合には、穴径の寸法に対応した工具電極を準備し、交換しながら加工している。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の方法で大量の微細穴を高精度に加工すると、1つ1つ加工する段階での誤差、順次加工する段階での電極消耗に伴う誤差、電極消耗のために電極を再成形して用いなければならないために生じる誤差などにより、誤差が大きくなるという問題がある。また、加工時間が穴数に比例して増加し、大量の微細穴を加工するには長時間を要し、生産性の向上を図ることができないという問題がある。

【 0 0 0 5 】

本発明は、上記従来の問題に鑑み、大量の微細穴の穴径精度の高精度化を達成できるとともに、トータルの加工時間を短縮できて生産性を向上できるマイクロ放電加工方法及び装置を提供することを目的としている。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

本発明のマイクロ放電加工方法は、工具電極と被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させるとともに工具電極と被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御して工具電極と被加工材との間で放電加工するものであり、工具電極と被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させることにより工具電極を回転せずに適正な放電加工ができるため、複数の穴加工や任意のパターンの穴加工をそれに対応した工具電極を用いて一度に加工することができて生産性を向上でき、また誤差の累積が少なくなって高精度に加工でき、かつ工具電極と被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御するので、相対距離の大きい状態で電圧がかからないため、電解電流が流れて放電用の充電が不十分になったり、被加工材が異常溶出したりするのを防止でき、高い加工精度を確保できる。

【 0 0 0 7 】

また、複数の穴加工を施したプレート電極と工具電極との間で放電加工してプレート電極のパターンを工具電極に転写し、転写後の工具電極と被加工材との間で放電加工し、かつそれらの放電加工の際に、工具電極とプレート電極もしくは

被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させるとともに工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御することにより、上記作用効果に加えて、プレート電極の複数の穴を転写した工具電極を用いることで、精度の高い工具電極を作業性良く作製でき、生産性を向上できる。

【 0 0 0 8 】

また、プレート電極に複数の穴からなる穴群を複数組配列して加工形成し、プレート電極の複数組の穴群を順次用いて1つの工具電極との間で放電加工して穴群のパターンを工具電極に転写し、転写後の工具電極と被加工材との間で放電加工し、かつそれらの放電加工の際に、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させることにより、穴群を順次用いることで、厚さの薄いプレート電極を用いて形状転写精度を高く維持しながら、加工に必要な長さの工具電極を転写形成することができる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明のマイクロ放電加工装置は、工具電極と、工具電極と被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、被加工材をX Y平面で位置決めする手段と、工具電極をX Y平面に直交するZ方向に位置決めする手段と、工具電極と被加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスを制御する手段を備えたものであり、上記加工方法を実施して複数の穴加工や任意のパターンの穴加工を生産性良く、高い精度で加工できる。

【 0 0 1 0 】

また、複数の穴加工を施したプレート電極と、工具電極と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、プレート電極もしくは被加工材をX Y平面で位置決めする手段と、工具電極をX Y平面に直交するZ方向に位置決めする手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスを制御する手段を備えることで、上記のようにプレート電極の複数の穴を転写した工具電極を用いて被

加工物を加工することができ、精度の高い工具電極を作業性良く作製できて高い精度の加工を生産性良く実施できる。

【 0 0 1 1 】

また、複数の穴からなる穴群が複数組配列して形成されたプレート電極と、工具電極と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との間にパルス放電を発生する手段と、プレート電極もしくは被加工材を X Y 平面で位置決めする手段と、工具電極を X Y 平面に直交する Z 方向に位置決めする手段と、工具電極とプレート電極もしくは被加工材との距離を任意の周波数と振幅で変化させる振動手段を備えることで、上記のように穴群を順次用いることにより形状転写精度を高く維持しながら、加工に必要な長さの工具電極を転写形成することができる。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のマイクロ放電加工装置の一実施形態について、図 1 ～図 3 を参照して説明する。

【 0 0 1 3 】

図 1 において、1 は本体ベースである。2 は X Y テーブルで、水平な X Y 平面に沿って X 軸方向及び Y 軸方向の任意の位置に移動・位置決めする。3 は Z 軸機構で、可動部 3 a を X Y 平面に対して鉛直な立柱ガイド 3 b に沿って Z 軸方向に移動・位置決めする。4 は工具電極で、Z 軸機構 3 の可動部 3 a に取付けられている。

【 0 0 1 4 】

5 は振動台で、X Y テーブル 2 上に固定された取付枠 6 に両端部が固定された板ばね 7 の中間部に取付けられて Z 軸方向にのみ一定範囲で移動自在に支持され、取付枠 6 内に配設された振動駆動用のアクチュエータ 8 にて任意の周波数と振幅で振動駆動可能に構成されている。9 は振動台 5 上に設置されたプレート電極、10 は同じく振動台 5 上に設置された被加工材である。

【 0 0 1 5 】

11 はパルス放電発生回路、12 はパルス放電発生回路 11 及びアクチュエータ 8 を制御するコントローラである。

【 0 0 1 6 】

次に、図 2 を参照して加工方法を説明する。まず、プレート電極 9 に穴加工を施すための円筒電極 1 3 を形成するため、図 2 (a) に示すように、ブロック電極 1 4 を用いて任意の直径の円筒電極 1 3 を仕上げる。この加工は、ブロック電極 1 4 を X Y テーブル 2 上の振動台 5 に設置し、回転駆動機構を内蔵した Z 軸機構 3 に円筒電極 1 3 を取付け、振動台 5 を動作させず、回転機構にて円筒電極 1 3 を回転させながらブロック電極 1 4 との間で逆極性放電することによって形成できる。

【 0 0 1 7 】

次に、図 2 (b) に示すように、X Y テーブル 2 上の振動台 5 にプレート電極 9 を設置し、円筒電極 1 3 を用いてプレート電極 9 に丸穴、スリット等の穴 1 5 、あるいは複数の穴 1 5 を組み合わせた穴群 1 6 のパターンを加工する。この円筒電極 1 3 によるプレート電極 9 の加工時には円筒電極 1 3 自身を回転させることによって微細放電加工を安定させることができる。また、本実施形態では複数の穴 1 5 からなる穴群 1 6 を複数組配列して形成する。

【 0 0 1 8 】

次に、図 2 (c) に示すように、穴群 1 6 をパターン加工したプレート電極 9 を用いて、Z 軸機構 3 に新たに取付けたブロック電極 1 7 に対して放電加工を行ってパターンを転写し、工具電極 4 を作製する。出来上がる工具電極 4 の形状の長さは、ブロック電極 1 7 の送り深さによって規定される。

【 0 0 1 9 】

その際に、プレート電極 9 の厚さを限定すると、転写する形状精度を高く維持することができるため、工具電極 4 の長さを長く転写する場合には、上記のようにプレート電極 9 として、厚さが薄くかつ穴群 1 6 のパターンを複数組配列して形成したものをを用い、図 2 (c) に矢印で示すように、これらの穴群 1 6 を順次使って転写することで、転写形状精度が高くかつ長さの長い工具電極 4 を形成することができる。

【 0 0 2 0 】

次に、以上の工程でパターンが転写された工具電極 4 を用いて X Y テーブル 2

上の振動台 5 に設置された被加工材 1 0 に放電加工を行う。これによって、被加工材 1 0 に対して大量のパターンを均一に転写加工することができる。

【 0 0 2 1 】

以上の放電加工に際して、円筒電極 1 3 によるプレート電極 9 の加工時には円筒電極 1 3 自身を回転させることによって微細放電加工を安定させることができるが、プレート電極 9 によるブロック電極 1 7 の加工時、及び工具電極 4 による被加工材 1 0 の加工時には、回転させることができずかつ対向面積が広くなるため、微細放電加工が安定し難く、高精度の加工が困難となる。そこで、本実施形態では、高精度な転写を実現するため振動台 5 によってプレート電極 9 や被加工材 1 0 を Z 軸方向に微動振動させる。板ばね 7 とアクチュエータ 8 は、少なくとも放電条件によって決まる放電ギャップの 1 ～ 1 0 倍程度の範囲で振動の振幅を調整できるように設計されている。また、比較的大きな質量を大きなストロークで微動させるため、微動の周波数は数 1 0 0 H z 程度に限定される。

【 0 0 2 2 】

ところで、上記放電加工時の加工液には電氣的絶縁液を用いるが、高速加工には超純水を用いる場合がある。超純水加工においては、加工液としての電気絶縁度が瞬時に大きく変化して加工精度に影響する。したがって、微振動によって電極間のギャップが広い状態では両極間に電圧が与えられていると、微小な電解電流が流れ、放電するための充電が不十分になったり、電解作用によるワークの異常溶出が加工精度の劣化を引き起こす恐れがある。

【 0 0 2 3 】

そこで、本実施形態では、図 3 に示すように、放電が発生する距離に近づいた瞬間のみ電圧を加えることができるようにパルス放電発生回路 1 1 とアクチュエータ 8 をコントローラ 1 2 で同期制御している。図 3 (a) は振動台 5 による振動波形、図 3 (b) はパルス放電発生回路 1 1 から出力されるパルス電圧波形、図 3 (c) はそれらによって発生する放電電流のタイミングをそれぞれ示す。なお、図 3 では、微動の最上点（最近接位置）から少し時間遅れをもって電圧がオンしているが、その遅れ量、電圧のオン時間の幅もコントローラ 1 2 で任意に制御することができる。

【 0 0 2 4 】

また、パルス電圧は電解作用が発生しない10マイクロ秒以下にすることができ、一般にマイクロ放電は放電パルスの電流の幅は数10ナノ秒の単位になるため、図3に示すようにその間にも複数回の放電が連続的に発生する。

【 0 0 2 5 】

また、本実施形態の構成によれば、超純水加工のみならず、ギャップがさらに微小となる油加工においてもアーク状態の発生の回避に効果を示し、加工精度の向上や高アスペクトの加工形状を形成することができる。

【 0 0 2 6 】

【発明の効果】

本発明のマイクロ放電加工方法及び装置によれば、以上のように工具電極と被加工材との間の相対距離を任意の周波数と振幅で変化させることにより工具電極を回転せずに適正に放電加工ができ、複数の穴加工や任意のパターンの穴加工をそれに対応した工具電極を用いて一度に加工することができて生産性を向上でき、また誤差の累積が少なくなって高精度に加工でき、かつ工具電極と被加工材との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御することにより、相対距離の大きい状態で電圧がかからないようにして電解電流が流れて放電用の充電が不十分になったり、被加工材が異常溶出したりするのを防止できて高い加工精度を確保できる。特に、超純水を用いた高速加工の可能性を最大限に引き出し、なおかつ高精度を実現することができる。

【 0 0 2 7 】

また、複数の穴加工を施したプレート電極と工具電極との間で放電加工してプレート電極のパターンを工具電極に転写し、転写後の工具電極と被加工材との間で放電加工することにより、大量のマイクロ形状を均一に加工する作業において、精度の高い工具電極を作業性良く作製でき、高精度で生産性の高い加工を容易に実現することができる。

【 0 0 2 8 】

また、プレート電極に複数の穴からなる穴群を複数組配列して加工形成し、プレート電極の複数組の穴群を順次用いて1つの工具電極との間で放電加工して穴

群のパターンを工具電極に転写することにより、厚さの薄いプレート電極を用いて形状転写精度を高く維持しながら、加工に必要な長さの工具電極を転写形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明のマイクロ放電加工装置の一実施形態の概略構成図である。

【図 2】

同実施形態における加工工程の説明図である。

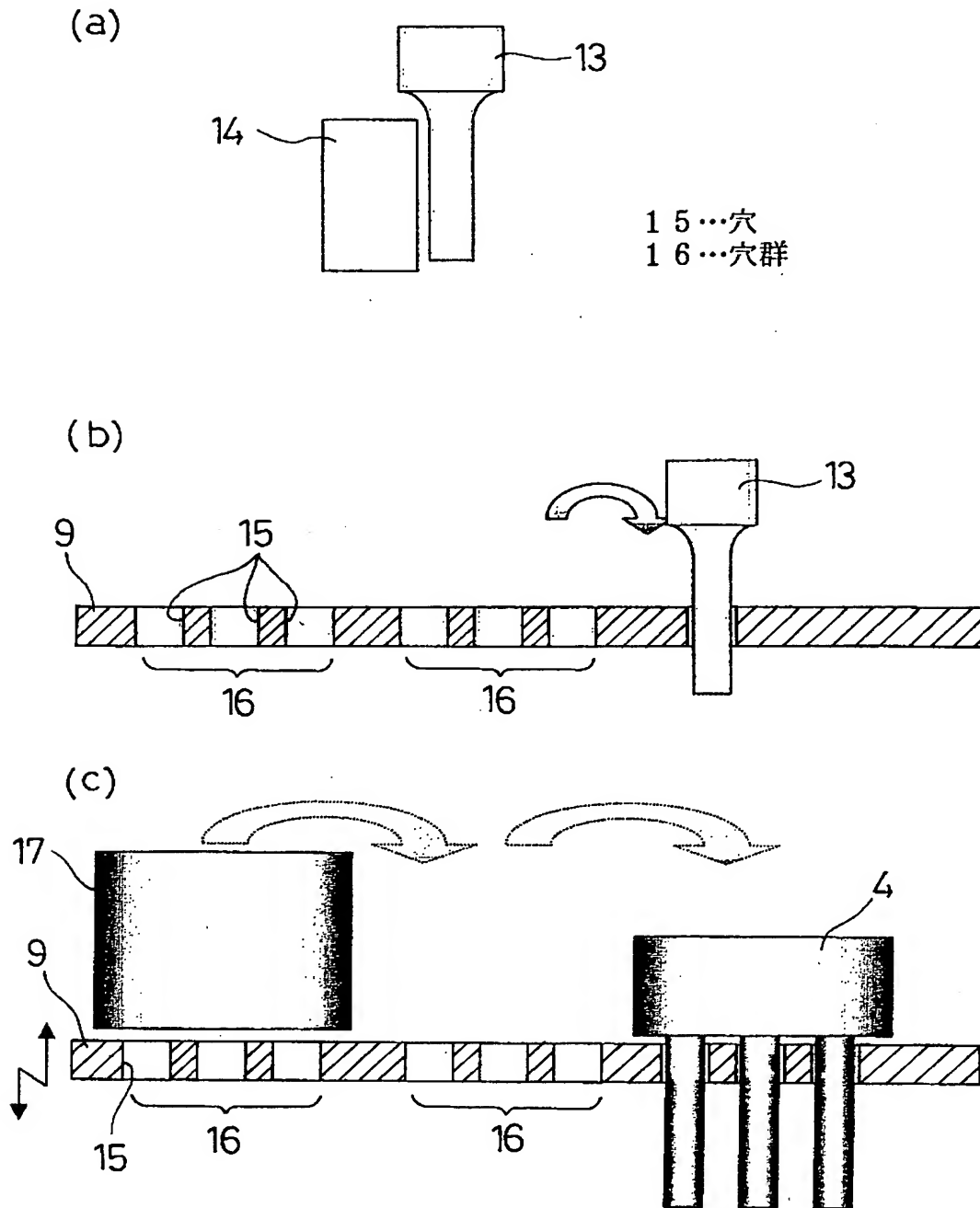
【図 3】

同実施形態における振動台の振動とパルス放電回路の出力電圧と放電電流のタイミングの説明図である。

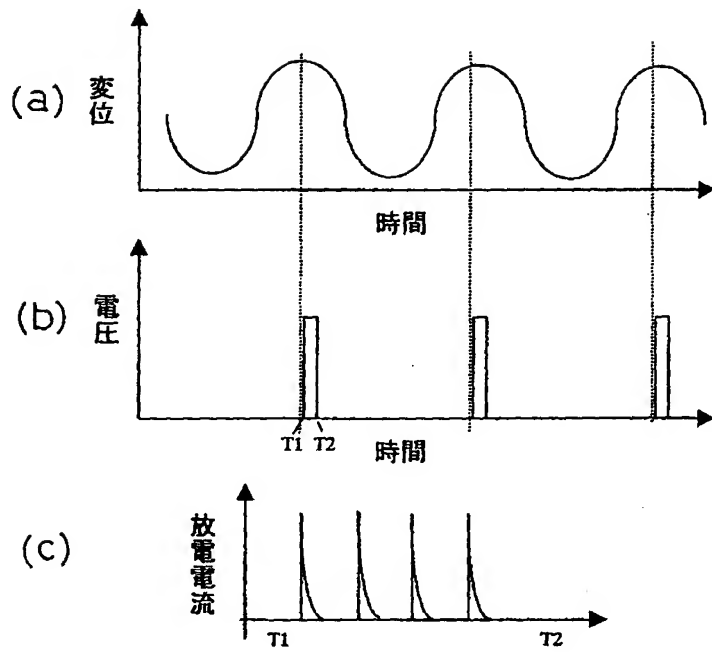
【符号の説明】

- 2 X Y テーブル
- 3 Z 軸機構
- 4 工具電極
- 5 振動台
- 9 プレート電極
- 10 被加工材
- 11 パルス放電発生回路
- 12 コントローラ
- 15 穴
- 16 穴群

【図 2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大量の微細穴の穴径精度の高精度化を達成でき、かつトータルの加工時間を短縮できるマイクロ放電加工方法及び装置を提供する。

【解決手段】 大量のマイクロ形状を均一に加工する作業において、中間電極としてのプレート電極 9 を介してマイクロ形状を工具電極 4 に転写させ、この工具電極 4 を用いて被加工材 1 0 を加工することで加工時間を短縮するとともに、その放電加工の際に、工具電極 4 とプレート電極 9 もしくは被加工材 1 0 の相対距離を所定の周波数で変化させるとともに工具電極 4 とプレート電極 9 もしくは被加工材 1 0 との相対距離の変化に同期して放電パルスの発生を制御するようにして高精度な加工を容易に実現した。

【選択図】 図 1

特2001-045982

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社